

**Examen du Module Electronique Analogique 2**  
**Cours de M. HENAO (Durée 2h00, documents papier autorisés)**

Le correcteur attachera **beaucoup** d'importance à la présentation de la copie, à la rédaction de la solution, à la position du problème dans son contexte, à la pertinence de l'analyse et des notations définies. Les réponses littérales et numériques seront bien mises en évidence (encadrées) !

**Problème n°1 – Montage différentiel pour l'instrumentation.**

On considère le montage de la figure 1 représentant un montage différentiel appliqué à l'instrumentation. En considérant que les gains en boucle ouverte des trois amplificateurs opérationnels comme idéaux (gain infini), déterminer l'expression de la tension de sortie  $v_0(t)$  de ce montage, en fonction des deux tensions définies à l'entrée  $v_{I1}(t)$  et  $v_{I2}(t)$  et de l'ensemble de résistances constituant ce montage. Avec le résultat obtenu, expliquer l'intérêt de ce type de montage pour l'instrumentation.

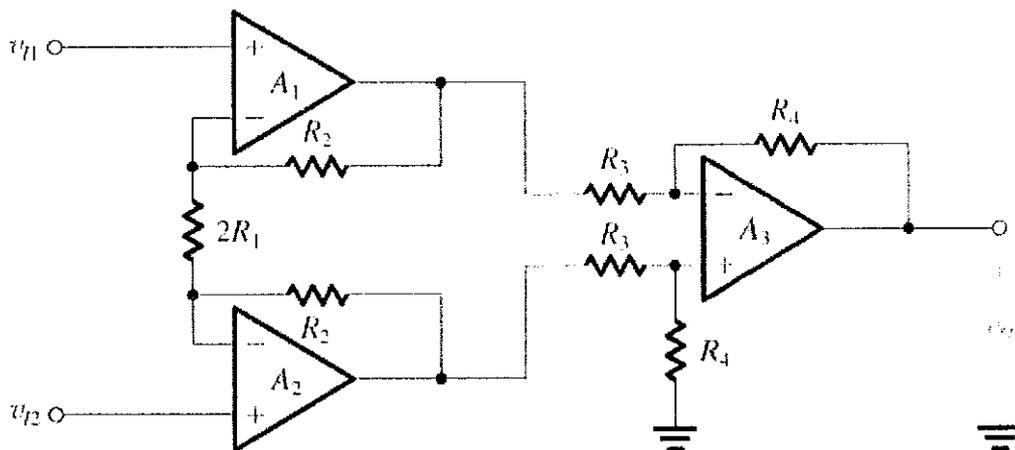


Figure 1. Montage différentiel.



### Problème n°2 – Montage intégrateur non inverseur.

On considère le montage intégrateur non inverseur de la figure 2. Déterminer l'expression de la tension de sortie  $v_0(t)$  en fonction de la tension d'entrée  $v_i(t)$ .

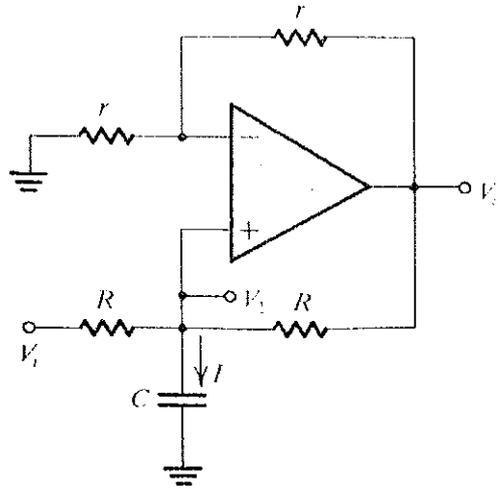


Figure 2. Montage intégrateur non inverseur.

### Problème n°3 – Montage convertisseur analogique-numérique parallèle.

1. Donner le schéma de principe d'un convertisseur analogique-numérique parallèle à 3 bits.
2. Quelle est la logique de codage de ce CAN ?
3. Quelle est l'avantage de ce type de CAN ?



Examen  
**ELECTROMAGNETISME**

Durée : 2h  
Aucun document n'est autorisé

### Cours

- 1.) Définir le courant déplacement de Maxwell et expliquer comment il a été introduit dans les équations en régime variable.
- 2.) Exprimer la densité d'énergie électromagnétique du milieu lorsqu'il y existe des charges d'origine électrostatique et des champs d'origine magnétique.

### Exercice 1

A partir des équations du milieu :

$$\begin{cases} \overrightarrow{\text{rot}}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \\ \text{div}\vec{D} = \rho \\ \text{div}\vec{B} = 0 \\ \overrightarrow{\text{rot}}\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} \end{cases}$$

- 1.) Etablir les équations de propagation d'une onde électromagnétique ( $\vec{E}$ ,  $\vec{B}$ ) dans le vide et en l'absence de charge.
- 2.) Exprimer la vitesse de propagation de l'onde et l'impédance du vide en fonction des paramètres  $\epsilon_0$  et  $\mu_0$  caractéristiques du vide. ( $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$  SI et  $\mu_0 = 1,256 \times 10^{-6}$  SI)
- 3.) Montrer qu'une fonction du type :  
$$\psi(x, t) = f(x - ct) + g(x + ct)$$
est solution des équations de Maxwell.
- 4.) On considère une onde plane progressive et sinusoïdale se propageant suivant x, dont le champ E s'exprime sous la forme :

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos \omega \left( t - \frac{x}{c} \right), \text{ avec } \vec{E}_0 = E_0 \vec{e}_y$$

- a.) Quel est l'état de polarisation de cette onde ?
- b.) Calculer le champ induction magnétique  $\vec{B}$  correspondant.
- c.) Calculer sa longueur d'onde et son vecteur d'onde.
- d.) Cette onde est-elle progressive ou régressive ?
- e.) Montrer que  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  sont en phase et sont perpendiculaires.
- f.) Calculer son vecteur Poynting.

## Exercice 2

Deux circuits identiques, dont on néglige les résistances, sont couplés par inductance mutuelle. Les caractéristiques de ces circuits sont précisées sur la figure. On désigne par  $q_1$  la charge emmagasinée dans le condensateur du circuit 1 et par  $q_2$  celle emmagasinée dans le condensateur du circuit 2. La capacité de chaque condensateur est égale à  $C$ .

A l'instant  $t \geq 0$ ,  $K$  est ouvert,  $q_1 = Q_0 \neq 0$ ,  $q_2 = 0$ ,  $\frac{dq_1}{dt} = \frac{dq_2}{dt} = 0$

On ferme l'interrupteur à l'instant  $t = 0$ .

- 1) Ecrire les flux respectifs  $\phi_1$  et  $\phi_2$  en fonction de l'auto-induction  $L$  et du coefficient d'induction mutuelle  $M$  et des courants  $i_1$  et  $i_2$ .
- 2) Rappeler les relations entre  $i_1$  et  $q_1$  et  $i_2$  et  $q_2$ .
- 3) Ecrire la loi d'Ohm dans chacun des deux circuits en fonction de  $\phi_j$ ,  $e_j$  et  $q_j$ , l'indice  $j$  se référant au circuit 1 ou 2.
- 4) Etablir deux équations différentielles couplées pour  $i_1$  et  $i_2$ .
- 5) Etablir ensuite deux équations différentielles couplées d'ordre 2 pour  $q_1$  et  $q_2$ .
- 6) En posant  $u = q_1 + q_2$  et  $v = q_1 - q_2$  trouver deux équations différentielles pour  $u$  et  $v$ . En déduire leur pulsation propre  $\omega_j$  en fonction de  $L$ ,  $M$  et  $C$  et leur solution compte tenu des conditions initiales.
- 7) En déduire  $q_1(t)$  et  $q_2(t)$ . Discuter le cas lorsque le couplage tend vers 0.

Rappel :

$$\cos a + \cos b = 2 \cos\left(\frac{a+b}{2}\right) \cos\left(\frac{a-b}{2}\right)$$

$$\cos a - \cos b = -2 \sin\left(\frac{a+b}{2}\right) \sin\left(\frac{a-b}{2}\right)$$

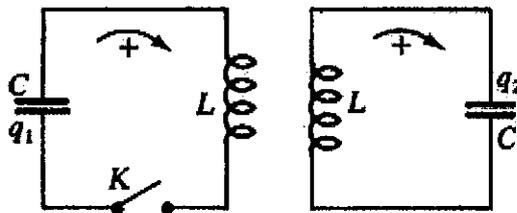


Schéma : Deux circuits en influence